ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЖИРОВАНИЯ КАРАКУЛЯ НА ОСНОВЕ НОВЫХ ЖИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Абдурахмонова П.Э.[1], Шамсиева М.Б.[2]

[1]Абдурахмонова Покиза Элмуродовна – методист,
отдел по делам молодежи, духовности и просвещения;
[2]Шамсиева Махбуба Бадриевна – кандидат технических наук, доцент,
Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

Аннотация: *в статье анализируется влияние жирующего состава на физические свойства каракулевого меха, пре выборе компоненты. Рассчитана оптимизация расхода эфира с помощью критерия Фишера и проверена адекватность уравнения.*
Ключевые слова: *этерификат, мездровое сало, веретённое масло, адекватность, оптимизация.*

Известно, что натуральный мех является одним из самых дорогих материалов, применяемых для изготовления одежды. Изделия из меха предполагают длительную носку в течение нескольких сезонов, в зависимости от вида меха. Поэтому на протяжении всего периода эксплуатации изделие должно сохранять весь комплекс потребительских свойств и отвечать требуемым эстетическим и утилитарным требованиям. Для этого надо обратить внимание на один из важных процессов так, как жирование.

Жирование, заключающееся во введении в дерму или кожевую ткань меха жировых веществ, которые, адсорбируясь на поверхности структурных элементов, а также располагаясь между ними, разделяют их, что придает коже и меху гибкость, мягкость, тягучесть и повышенную водостойкость [1].

Предположим необходимо определить влияние состава жирующей смеси на удлинения каракулевого меха. В качестве фактора приняты компоненты жирующей смеси: этерификат (x_1), мездровое сало (x_2) и веретённое масло (x_3), % от массы строганного полуфабриката.

Таблица 1. Влияние состава жирующей смеси на удлинения каракулевого меха

Жирующие вещества	**Состав жировых смесей, % по вариантам**	
	Опытный	**Контрольный**
Рыбий жир	-	20
Синтетический жир	-	80
Мездровое сало	25	-
Веретённое масло	20	-
Этерификат	55	-
Всего:	100	100

Математическую модель построили в форме уравнения регрессии:

$$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \qquad (1)$$

Были заданы характеристики плана (табл. 2.).

Таблица 2. Уровни и интервалы варьирования факторов

Характеристика плана	**X_1**	**X_2**	**X_3**
Основной уровень	55	25	20
Интервал варьирования	15	3	4
Верхний уровень	70	28	24
Нижний уровень	40	22	16

Поскольку в данном случае имели место три фактора эксперимента, в связи с этим составили матрицу планирования для трехфакторного эксперимента (табл. 3), с учетом взаимодействия факторов, т.е. произведения $X_{n-1}X_n$. В качестве функции отклика выбираем удлинение кожи, %, при нагрузке 10 МПа.

Матрица планирования жирующих веществ для жирования каракуля приведена в табл. 3.

Таблица 3. Матрица планирования жирующих веществ для жирования каракуля

№ опыта	**Факторы**						**Функции отклика**			
	X_1	X_2	X_3	X_1, %	X_2, %	X_3, %	Параллельные пробы			$y_{ср}$, %
							1	2	3	

1	+1	+1	+1	70	28	24	24	21	22	22,3
2	-1	+1	+1	40	28	24	22	20	18	20
3	+1	-1	+1	70	22	24	21	22	16	19,7
4	-1	-1	+1	40	22	24	19	17	14	16,7
5	+1	+1	-1	70	24	16	20	18	18	18,7
6	-1	+1	-1	40	24	16	19	15	17	17
7	+1	-1	-1	70	16	16	22	14	17	17,7
8	-1	-1	-1	40	16	16	21	15	18	18

На основании полученных данных вычислены коэффициенты регрессии:

$$b_o = \frac{1}{N}\sum y_1 = \frac{1}{8}(22.3 + 20 + 19.7 + 16.7 + 18.7 + 17 + 17.6 + 18) = 18.75; \qquad (2)$$

$$b_1 = \frac{1}{N}\sum x_{ji} y_1 = \frac{1}{8}(22.3 - 20 + 19.7 - 16.7 + 18.7 - 17 + 17.6 - 18) = 0.83; \qquad (3)$$

$$b_2 = \frac{1}{N}\sum x_{ji} y_1 = \frac{1}{8}(22.3 + 20 - 19.7 - 16.7 - 18.7 - 17 + 17.6 + 18) = 0.75; \qquad (4)$$

$$b_3 = \frac{1}{N}\sum x_{ji} y_1 = \frac{1}{8}(22.3 + 20 + 19.7 + 16.7 - 18.7 - 17 - 17.6 - 18) = 0.92. \qquad (5)$$

Подставив значения полученных коэффициентов в уравнение, получено уравнение регрессии:

$$y = 18.75 + 0.83x_1 + 0.75x_2 + 0.91x_3 \qquad (6)$$

Необходимо установить значимость коэффициентов уравнения регрессии, а также адекватность полученного уравнения, т. е. насколько точно оно описывает интересующую нас зависимость. Чтобы установить:

$$f_1 = N(K - 1), \qquad (7)$$

значимость коэффициента, вычислили оценку дисперсии, с которой он определяется. Для этого определили дисперсию воспроизводимости, с которой связано число степеней свободы:

$$f_1 = 8(3-1) = 16. \qquad (8)$$

$$S_y^2 = \frac{1}{N}\sum_i^N S_j^2; \qquad (9)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{K-1}\sum_i^K (y_{ji} - \bar{y}_j)^2; \qquad (10)$$

где: N - число опытов (8); K - число параллельных опытов (3)

Аналогично получено:

$$S_{j_1}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(24 - 22.3)^2 + (21 - 22.3)^2 + (22 - 22.3)^2\right] = 2.3. \qquad (11)$$

$$S_{j_2}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(22 - 20)^2 + (20 - 20)^2 + (18 - 20)^2\right] = 4 \qquad (12)$$

$$S_{j_3}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(21 - 19.7)^2 + (22 - 19.7)^2 + (16 - 19.7)^2\right] = 10.3 \qquad (13)$$

$$S_{j_4}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(19 - 16.7)^2 + (17 - 16.7)^2 + (14 - 16.7)^2\right] = 6.3 \qquad (14)$$

$$S_{j_5}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(20 - 18.7)^2 + (18 - 18.7)^2 + (18 - 18.7)^2\right] = 1.3 \qquad (15)$$

$$S_{j_6}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(19 - 17)^2 + (15 - 17)^2 + (17 - 17)^2\right] = 4 \qquad (16)$$

$$S_{j_7}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(22 - 17.7)^2 + (14 - 17.7)^2 + (17 - 17.7)^2\right] = 16.3 \qquad (17)$$

$$S_{j_8}^2 = \frac{1}{(3-1)}\left[(21-18)^2 + (15-18)^2 + (18-18)^2\right] = 9 \qquad (18)$$

Оценку дисперсии среднего значения S_y^2 вычисляли по формуле:

$$S_y^2 = \frac{1}{8}(2.3 + 4 + 10.3 + 6.3 + 1.3 + 4 + 16.3 + 9) = 6.7 \qquad (19)$$

$$S_b^2 = \frac{S^2{}_y}{K} = \frac{6.7}{\sqrt{3}} = 3.87 \quad (20)$$

С помощью полного факторного эксперимента все коэффициенты определили с одинаковой погрешностью. При условии |b| ≥ S_bt, коэффициент регрессии оказалось значимым, где, t - критерий Стьюдента.

Для доверительной вероятности P=0,95 и 16 степенях свободы критерий Стьюдента t = 2,12, тогда:

$$S_{bt} = 3.87 \cdot 2.12 = 8.2 \qquad (21)$$

$$|b_0| = 18.75 > 8.2 \qquad (22)$$

$$|b_1| = 0.83 < 8.2 \qquad (23)$$

$$|b_2| = 0.75 < 8.2 \qquad (24)$$

$$|b_3| = 0.92 < 8.2 \qquad (25)$$

Коэффициент b_2 незначим, добавка рыбьего жира *(x_3)* играет малую роль; окончательное уравнение регрессии принимает вид:

$$y = 18.75 + 0.83x_1 + 0.92x_3 \qquad (26)$$

Получив уравнение регрессии, проверили его адекватность, т.е. достаточно ли точно оно описывает поверхность отклика [2].

Адекватность уравнения проверяли с помощью критерия Фишера F, который представляет собой отношение:

$$S_{ад}^2 = \frac{\max(S_{ад}^2 : S_y^2)}{\min(S_{ад}^2 : S_y^2)}, \qquad (27)$$

причем, большее значение относится к меньшему, где $S_{ад}^2$ — оценка дисперсии адекватности:

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{N-3}\sum_j^N (\bar{y}_{эксп} - \hat{y}_{расч})^2 \qquad (28)$$

Для ее определения рассчитали значения функции отклика $\hat{Y}_{расч}$

$$Y_{p1} = 18.75 + 0.83(+1) + 0.92(+1) = 20.4 \qquad (29)$$

$$Y_{p2} = 18.75 + 0.83(-1) + 0.92(+1) = 18.9 \qquad (30)$$

$$Y_{p3} = 18.75 + 0.83(+1) + 0.92(-1) = 18.6 \qquad (31)$$

$$Y_{p4} = 18.75 + 0.83(-1) + 0.92(-1) = 17 \qquad (32)$$

$$Y_{p5} = 18.75 + 0.83(+1) + 0.92(+1) = 20.4 \qquad (33)$$

$$Y_{p6} = 18.75 + 0.83(-1) + 0.92(+1) = 18.9 \qquad (34)$$

$$Y_{p7} = 18.75 + 0.83(+1) + 0.92(-1) = 18.6 \qquad (35)$$

$$Y_{p8} = 18.75 + 0.83(-1) + 0.92(-1) = 17 \qquad (36)$$

Расчетные и экспериментальные значения функции отклика приведены в табл. 4.

Таблица 4. Расчетные и экспериментальные значения функции отклика жирующих веществ для жирования меха

№	$\hat{y}_{расч}$	$\bar{y}_{эксп}$	$\hat{y}_{расч} - \bar{y}_{эксп}$	$(\hat{y}_{расч} - \bar{y}_{эксп})^2$
1	20.4	22.3	-1.9	3.7
2	18.9	20	-1.1	1.2
3	18.6	19.7	-1.1	1.2
4	17	16.7	0.4	0.2
5	20.4	18.7	1.75	3
6	18.9	17	1.9	3.7
7	18.6	17.7	0.9	0.8
8	17	18	-0.9	0.8
				Σ= 14.6

$$S_e^2 = \frac{14.6}{(8-3)} = 2.9 \qquad (37)$$

С оценкой дисперсии адекватности также связано число степеней свободы $f_2 = N\text{-}B = 8\text{-}3 = 5$, где B — число коэффициентов уравнения, включая и свободный член.

Уравнение регрессии принято считать адекватным, если $F_{расч} \leq F_{табл}$.

$$F_p = \frac{2.9}{6.7} = 0.43 \qquad (38)$$

При f_1 =16 и f_2 = 5

F = 2,85; 0,43 ≤ 2,85.

Следовательно, [3] уравнение регрессии можно считать адекватным. Анализируя уравнение видно, что на удлинение кожи большое влияние оказывает расход сложного эфира. Для управления технологическим процессом полученное уравнение можно выразить через натуральные переменные, пользуясь соотношением:

$$(39)\quad x_1 = (\frac{x_1 - x_{01}}{\Delta x_1}); \qquad x_3 = (\frac{x_3 - x_{03}}{\Delta x_3}), \quad (40)$$

$$(41)\quad x_1 = \frac{x_1 - x_{01}}{15}, \qquad x_3 = \frac{x_3 - x_{03}}{4} \quad (42)$$

где, X_{01} и X_{02} — значения факторов в центре плана, т. е. соответственно 55 и 15%; Δx — интервал варьирования (табл. 2).

$$y = 18.75 + 0.83\frac{x_1 - 55}{15} + 0.92\frac{x_3 - 20}{4} \qquad (43)$$

$$y = 18.75 + \frac{0.83}{15}(x_1 - 55) + \frac{0.92}{3}(x_3 - 20) \qquad (44)$$

$$y = 18.75 + 0.05(x_1 - 55) + 0.23(x_3 - 15) \qquad (45)$$

$$y = 18.75 + 0.05x_1 - 2.75 + 0.23x_3 - 4.6 \qquad (46)$$

$$y = 11.4 + 0.05x_1 + 0.23x_3 \qquad (47)$$

Таким образом, в данной работе с помощью полного факторного эксперимента можно получить приближенное математическое описание процесса в виде линейной модели, которая позволяет находить область оптимума жирования кож на основе эфирного масла.

Проведенная с использованием критерия Фишера проверка полученных уравнений подтвердила их адекватность. Оценка значимости коэффициентов в вышеприведенных уравнениях по критерию Стьюдента показала, что все коэффициенты значимы при уровне 95 %-ной вероятности. Анализ уравнений показал, что наиболее существенное влияние на критерий оптимизации оказывает расход эфира. С его увеличением в пределах принятых изменений физико-механические свойства меха улучшаются.

Таким образом, проведенные исследования показали, что оптимальные физико-механические свойства обеспечиваются при расходе жирующих материалов в процессе жирования – 8 - 10 г/л.

Список литературы

1. *Страхов И.П.* Химия и технология кожи и меха // И.П. Страхов, И.С. Шестакова, Д.А. Куциди и др. М.: Легкопромбытиздат, 1985. 496 с.
2. *Абдурахмонова П.Э.* Влияние новых масложировых составов на функционально-технологические свойства каракуля: Дисс. …маг. тех. наук. Ташкент, 2019. 72 с.
3. *Головтеева А.А.* «Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха» Москва, Легпромбытиздат, 1987. 310 с.